

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. April 2004 (29.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/036312 A2(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G03F 7/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003381

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Oktober 2003 (08.10.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 47 626.8 11. Oktober 2002 (11.10.2002) DE
103 05 573.8 10. Februar 2003 (10.02.2003) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE). AIXUV GMBH
[DE/DE]; Steinbachstrasse 15, 52074 Aachen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DOMKE, Wolf-Dieter

[DE/DE]; Am Fürstenberg 34, 91325 Adelsdorf (DE).
JUSCHKIN, Larissa [DE/DE]; Roermonderstrasse
330, 52072 Aachen (DE). KRAGLER, Karl [DE/DE];
Falknersweg 20, 91058 Erlangen (DE). LEBERT, Rainer
[BE/BE]; Platzegel 21, B-4721 Kelmis (BE). MEISEN,
Manfred [DE/DE]; Jakobstrasse 20, 52064 Aachen (DE).(74) Anwalt: MÜLLER, Wolfram, H.; Maikowski & Ninne-
mann, Postfach 15 09 20, 10671 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

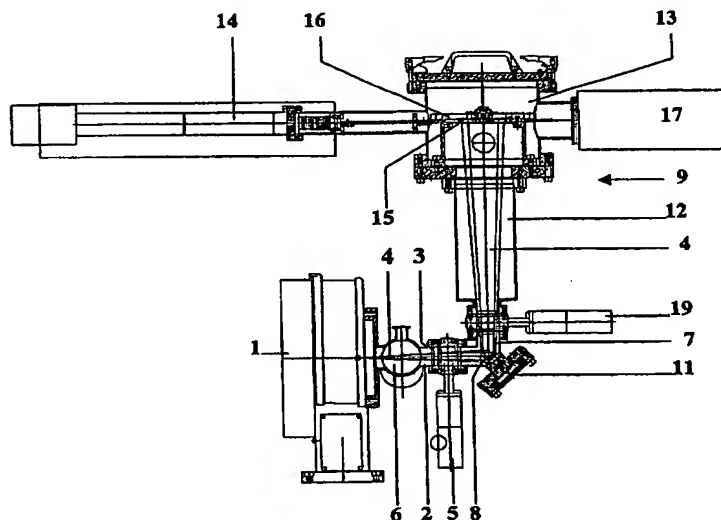
(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: IRRADIATION DEVICE FOR TESTING OBJECTS COATED WITH LIGHT-SENSITIVE PAINT

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR TESTBESTRAHLUNG VON MIT PHOTOEMPFLINDLICHEN LACKEN
BESCHICHTETEN OBJEKTEN

(57) Abstract: The invention concerns an irradiation device for testing objects coated with light-sensitive paint, comprising a EUV radiation source, an optical system for filtering the radiation of the EUV radiation source, a chamber for receiving the object, as well as systems for intersecting the trajectory of the rays on the object. The invention also concerns a method for operating such a device. The invention aims at obtaining as quickly as possible an illumination at least partly simultaneous of several irradiation fields, with different doses, by using an inexpensive laboratory radiation source without resorting to complex optical systems. Therefore, the invention provides a device comprising a simplified and compact optical system, with closable diaphragm apertures located in front of the object to be irradiated and at least one control sensor placed on the trajectory of the rays and enabling the radiation dose to be measured.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Testbestrahlung von mit photoempfindlichen Lacken beschichteten Objekten mit einer EUV-Strahlungsquelle, einem optischen System zur Filterung der Strahlung der EUV-Strahlungsquelle, einer Kammer zur Aufnahme des Objektes sowie Mitteln zum Unterbrechen des Strahlengangs auf das Objekt. Außerdem betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren für eine derartige Vorrichtung. Um unter Verwendung einer preiswerten Labor-Strahlungsquelle und ohne aufwändige optische Systeme eine zumindest teilweise gleichzeitige Belichtung mehrerer Bestrahlungsfelder mit unterschiedlicher Dosis in möglichst kurzer Zeit zu ermöglichen, wird eine Vorrichtung mit vereinfachtem und kompakten optischen System, verschließbaren Blendenöffnungen vor dem zu bestrahlenden Objekt sowie mindestens einem im Strahlengang angeordneten Monitor-Detektor für die Strahlungsdosismessung vorgeschlagen.

Vorrichtung zur Testbestrahlung von mit photoempfindlichen Lacken beschichteten Objekten

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Testbestrahlung von mit photoempfindlichen Lacken beschichteten Objekten mit einer EUV-Strahlungsquelle, einem optischen System zur Filterung der Strahlung der EUV-Strahlungsquelle, einer Kammer zur Aufnahme des Objektes sowie Mitteln zum Unterbrechen des Strahlengangs auf das Objekt. Außerdem betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren für eine derartige Vorrichtung.

10

Mit Lithographie wird in der Halbleitertechnologie ein Verfahren zur Übertragung von Schaltkreismustern mikroelektronischer Bauelemente und integrierter Schaltungen auf eine Silizium-Halbleiter-Scheibe, den Wafer, bezeichnet. Zu diesem Zweck wird zunächst eine Maske hergestellt, die das Muster in Form von Transparenzunterschieden für die Strahlen enthält, mit denen es auf den Wafer übertragen wird. Die Wafer-Oberfläche wird mit einem strahlungsempfindlichen Photolack beschichtet und durch die Maske belichtet. Die Übertragung von Halbleiterstrukturen auf den Photolack erfolgt mit einem sogenannten Lithographie-Scanner. Bei der anschließenden Entwicklung wird, je nach dem ob es sich um ein Positiv- oder Negativlack handelt, der belichtete oder der unbelichtete Photolack weggelöst und an diesen Stellen die Wafer-Oberfläche freigelegt.

25

Die Herstellung moderner Halbleiterelemente, wie beispielsweise Speicherbausteine und CPUs, erfordert aufgrund der abnehmenden Strukturgröße der Halbleiter eine Auflösung, die die Verwendung extrem kurzwelliger Strahlung von etwa 13nm mit einer Quantenenergie von etwa 92 eV (EUV-Strahlung) notwendig macht. Die bisher verwendeten Bestrahlungswellenlängen von 248nm (UV-Strahlung), 193 nm (DUV-Strahlung) oder 157 nm (VUV-Strahlung) reichen nicht mehr aus, um die kleiner werdenden Strukturen zu erzeugen. Mit abnehmender Strukturgröße und Wellenlänge steigen jedoch die Anforderungen an die ein-

30

35

gesetzten Lacke, das sogenannte Resistmaterial, sowohl was die Empfindlichkeit als auch die Linienrauigkeit betrifft.

Die geänderten Anforderungen an die Lacke erfordern eine Anpassung von deren Testsystemen, die vor der Serienfertigung der Wafer zur Ermittlung der Lackeigenschaften bei unterschiedlicher Bestrahlung zum Einsatz kommen.

EUV-Strahlung wird außerordentlich stark von Materie absorbiert. Es ist daher erforderlich, dass die EUV-Strahlung unter Ultra-Hochvakuumbedingungen geführt wird. Die Quelle der EUV-Strahlung ist ein thermisch emittierendes Plasma. Plasma emittiert im Gegensatz zu den bisher eingesetzten Lasern sehr breitbandig, so dass neben der gewünschten EUV-Strahlung auch DUV-, VUV- und UV-Strahlung anfällt. Es ist daher erforderlich, diese Strahlung mit spektralen Filtern von den Lacken fernzuhalten.

Eine sehr stabile EUV-Strahlungsquelle zur Erforschung der EUV-Litographie Technologie stellen die sogenannte EUV-Strahlrohre an Synchrotron-Speicherringen dar, die monochromatisierte EUV-Strahlung abgeben. Derartige EUV-Strahlungsquellen emittieren sehr kurze Strahlungspulse (< 1 ns) mit Wiederholfrequenzen von einigen MHz, so dass diese EUV-Quellen häufig als quasi-cw-Quellen bezeichnet werden. An EUV-Strahlrohren an Synchrotron-Speicherringen wurden zum Test von auf Platten aufgetragenen Lacken einzelne Felder sequenziell mit unterschiedlichen Strahlungsdosen bestrahlt, um den Einfluss der Strahlungsdosis auf den Lack zu ermitteln. Darüber hinaus wurden an Synchrotron-Speicherringen auch bereits mehrere mit Lack beschichtete Felder gleichzeitig belichtet, wobei ein vor der Lackschicht im Strahlengang angeordnetes, schnell umlaufendes Blendenrad die Funktion eines Graukeils übernimmt. Die radial auf dem Rad angeordneten Blendenöffnungen sind unterschiedlich groß, so dass die einzelnen Felder während jeder Umdrehung unterschiedlich lange der Strahlung ausgesetzt sind. Reproduzierbare

Strahlungsbedingungen auf den einzelnen Feldern des Objektes sind mit dem Blendenrad nur möglich, weil sich die EUV-Strahlungsquelle aufgrund der hohen Wiederholfrequenz quasi stationär verhält und sehr stabil strahlt.

5

Schließlich wurden bereits mit Labor-Strahlungsquellen geringer Leistung für EUV-Strahlung Bestrahlungsversuche an Lacken durchgeführt, wobei jeweils nur ein einzelnes Feld auf dem Objekt bestrahlt wurde. EUV-Labor-Strahlungsquellen erzeugen
10 ein dichtes und heißes ($> 200.000^{\circ}\text{C}$) Plasma und emittieren die EUV-Strahlung ausschließlich in sehr kurzen Pulsen (typischerweise 100 ns) mit sehr geringen Wiederholraten (typisch 10 - 1000 Hz).

15 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Testbestrahlung von mit photoempfindlichen Lacken beschichteten Objekten zu schaffen, die unter Verwendung einer preiswerten Strahlungsquelle eine zumindest teilweise gleichzeitige Bestrahlung
20 mehrerer Bestrahlungsfelder auf dem Objekt mit unterschiedlicher Dosis in möglichst kurzer Zeit ermöglicht, ohne aufwändige und daher kostenträchtige Optiken im Strahlengang der EUV-Strahlung auskommt und bei der eine Degradation der optischen Elemente im Strahlengang durch EUV-Bestrahlung keinen
25 Einfluss auf das erzielte Testergebnis hat.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, dass

- 30 - die EUV-Strahlungsquelle eine Laborquelle für EUV-Strahlung ist,
- das optische System mindestens einen Filter zur Unterdrückung unerwünschter spektraler Bestandteile der Strahlung, insbesondere von VIS-, UV-, DUV-, VUV-
35 Strahlung, sowie mindestens einen Spiegel zur spektralen Filterung des "in-band"- EUV-Bereiches aufweist,

- die Mittel zum Unterbrechen des Strahlengangs mehrere verschließbare Blendenöffnungen umfassen, die eine zeitliche Steuerung der Bestrahlung hinter den Blendenöffnungen befindlicher, auf dem Objekt liegender Bestrahlungsfelder ermöglichen und
- das mindestens ein Monitor-Detektor in Richtung des Strahlengangs hinter dem optischen System angeordnet ist, der die Strahlungsdosis während der Bestrahlung erfasst.

Die Laborquelle für EUV-Strahlung ist beispielsweise eine plasmabasierte Quelle geringer Leistung, z.B. eine EUV-Lampe mit einer Leistung von 100 W und einer Pulsfrequenz von 50 Hz nach dem HCT (Hollow Cathode Triggered) Prinzip. Die Laborquelle stellt die erforderliche EUV-Strahlung über einen langen Betriebszeitraum zuverlässig zur Verfügung.

Das Plasma der Laborquelle emittiert sehr breitbandige Strahlung, die neben der erwünschten EUV-Strahlung auch DUV-, VUV-, UV- und VIS-Strahlung enthält. Um diese unerwünschten spektralen Bestandteile der Strahlung zu unterdrücken, weist das optische System vorzugsweise einen spektralen Filter auf. Der Filter kann beispielsweise aus einer dünnen Metallfolie (z.B. einer 150 nm dicken Zirkoniumfolie auf einem Stützgitter) bestehen. Der Filter befindet sich vorzugsweise an der Austrittsöffnung der Laborquelle. Durch diese Anordnung verhindert der Filter, dass Verunreinigungen aus der Laborquelle in die Aufnahmekammer für das zu bestrahlende Objekt gelangen und dort befindliche Teile verschmutzen.

Das optische System hat die weitere Aufgabe dafür zu sorgen, dass die Bestrahlung nur mit der "in-band" EUV-Strahlung mit einer Wellenlänge von 13,5 nm erfolgt. Zur Filterung eignet sich insbesondere ein Vielschichtspiegel.

Die Bestandteile des optischen Systems bewirken, dass auf das Objekt praktisch nur die gewünschte EUV-Strahlung auftrifft.

Das kompakte optische System der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere mit nur einem Filter und einem Spiegel, ermöglicht einen sehr geringen Abstand von der EUV-Laborquelle zu dem zu bestrahlenden Objekt bei homogener Bestrahlung sämtlicher Bestrahlungsfelder. Aufgrund des geringen Abstandes kann ein großer Raumwinkel der thermischen Emission des Plasmas auch ohne einen aufwändigen Kondensor genutzt werden.

- 10 Die erfindungsgemäß verschließbaren Blendenöffnungen erlauben eine zumindest teilweise zeitgleiche Bestrahlung der auf dem Objekt durch die Blendenöffnungen definierten Bestrahlungsfelder. Sämtliche Bestrahlungsfelder werden zunächst parallel bestrahlt, bis einzelne Blendenöffnungen
- 15 nach Erreichen der Zieldosis für das zugeordnete Bestrahlungsfeld verschlossen werden. Dadurch wird beim Testen des Einflusses der Bestrahlungsdosis auf einen Photolack ein erheblicher Zeitgewinn erzielt.
- 20 Die Blendenöffnungen sind vorzugsweise in einer ebenen Platte angeordnet und weisen beispielsweise einen Durchmesser von 5 mm auf. Mit 20 derartigen Blendenöffnungen lässt sich die Testdauer für einen Photolack nahezu um den Faktor 20 gegenüber Einzelbestrahlungen mit unterschiedlichen Strahlungsdosen reduzieren.
- 25

- Die hinter dem optischen System angeordneten Monitor-Detektoren erlauben nach einer zuvor durchgeführten Kalibration eine exakte Messung der Bestrahlungsdosis der einzelnen Bestrahlungsfelder. Als Monitor-Detektoren können beispielsweise
- 30 mehrere Photodioden (Schottky Type) zum Einsatz kommen. Die von den Dioden gelieferten Signale werden vorzugsweise gemittelt, um die Messgenauigkeit zu verbessern. In dem die Bestrahlungsdosis fortlaufend während der Bestrahlung erfasst wird, kann die Bestrahlung der Bestrahlungsfelder mit genau festlegbaren Sollwerten für die Bestrahlungsdosis durchgeführt werden.
- 35

Die Monitor-Detektoren sind vorzugsweise zwischen dem optischen System und den verschließbaren Öffnungen angeordnet; sie befinden sich zweckmäßigerweise so nah wie möglich an dem zu bestrahlenden Objekt. Diese Anordnung der Monitor-Detektoren macht die Vorrichtung unempfindlich gegen die Degradation des optischen Systems.

Wie bereits eingangs erwähnt, muss der gesamte Strahlengang unter Vakuumbedingungen bis zum Objekt geführt werden. Die Kammer zur Aufnahme des Objektes wird daher beispielsweise auf einen Unterdruck von 10^{-6} mbar ausgelegt und evakuiert. Sie ist von der Entladungskammer der Laborquelle durch ein Fenster mit einer Öffnung für den Durchtritt der Strahlung getrennt, wobei sich in dem Fenster insbesondere ein Filter des optischen Systems, beispielsweise in Form einer metallischen Folie, befindet. Hierdurch wird eine Kontamination der Aufnahmekammer vermieden. Die Aufnahmekammer hat vorzugsweise ein eigenes Pumpsystem und wird beim Handling des zu bestrahlenden Objektes mittels eines Schieberventils von der Laborquelle und vorzugsweise auch dem Bereich zur Aufnahme des optischen Systems getrennt.

Um eine möglichst homogene Bestrahlung in den einzelnen Bestrahlungsfeldern zu erzielen, sind sämtliche Blendenöffnungen in einer Ebene angeordnet und die durch jede Blendenöffnung auf dem Objekt erzeugten Bestrahlungsfelder überlappen sich nicht. Die Bestrahlungsfelder sind vorzugsweise parallel zu der Ebene der Blendenöffnungen angeordnet.

Das mit Photolack beschichtete Objekt ist insbesondere ein Siliziumwafer, beispielsweise ein 6 Zoll Wafer mit einer Dicke vom 650 μm und mit 20 durch die Blendenöffnungen definierten Bestrahlungsfeldern. In der Aufnahmekammer befindet sich eine Halterung, die den Wafer derart aufnimmt,

dass die EUV-Strahlung auf dessen Photolackbeschichtung auftrifft.

Die Laborquelle emittiert in zweckmäßiger Ausgestaltung der
5 Erfindung Strahlungspulse von einer Dauer kleiner $1\text{ }\mu\text{s}$, insbesondere 100 ns, mit einer Wiederholrate zwischen 1 und 10000 Hz, insbesondere 1 - 5000 Hz. Die Strahlung der Laborquelle stammt von einem thermisch emittierendem Plasma, insbesondere von einem lasererzeugtem oder
10 entladungserzeugtem Plasma oder von einem Elektronenstrahl.

Als Filter zur Unterdrückung von unerwünschter sichtbarer bis VUV-Strahlung ist vorzugsweise eine dünne Metallfolie, insbesondere eine Zirkoniumfolie mit einer Dicke von weniger als
15 200 nm jedoch mehr als 100 nm im Strahlengang angeordnet. Die Folie transmittiert bis zu 50 % der gewünschten EUV- Strahlung, während die unerwünschte Strahlung um einen Faktor > 1000 unterdrückt wird.

20 Jeder Spiegel zur spektralen Filterung des "in-band"-EUV-Bereiches ist vorzugsweise als Vielschichtspiegel ausgestaltet, wobei der Spiegel als Planspiegel oder als gekrümmter Spiegel ausgeführt sein kann. Die Vielschichtspiegel reflektieren in einem schmalen spektralen Band im EUV-Bereich bis zu 70 % der
25 einfallenden Strahlung, während Strahlung, die nicht in diesem schmalen Band liegt, nahezu vollständig von dem Vielschichtspiegel absorbiert wird.

Die Blendenöffnungen werden vorzugsweise mittels eines Flachschiebers verschlossen, der in einer zur Ebene der
30 Blendenöffnungen parallelen Ebene verschieblich angeordnet ist und eine Kontur aufweist, die ein aufeinanderfolgendes Öffnen bzw. Verschließen der Blendenöffnungen ermöglicht. Die Kontur ist insbesondere treppenförmig, so dass ein
35 zeilenweises Öffnen bzw. Verschließen der in Reihen angeordneten Blendenöffnungen möglich ist. Der Flachschieber als Verschluss für sämtliche Blendenöffnungen stellt mit nur

einer mechanischen Komponente eine konstruktiv und steuerungstechnisch sehr günstige Lösung dar.

Weitere Vorteile und Wirkungen der Erfindung sowie deren Betriebsweise ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren.

Es zeigen:

- 10 Figur 1 das Spektrum der von der EUV-Strahlungsquelle erzeugten Strahlung
- Figur 2 eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Testbestrahlung von mit photoempfindlichen Lacken beschichteten Objekten
- 15 Figur 3 ein in der Vorrichtung nach Figur 2 angeordnetes Blendensystem mit einem Flachschieber
- Figur 4 eine Bestrahlungsfunktion bei einer Variation von 50% mit verschiedenen Exponenten sowie
- Figur 5 eine Darstellung der Filmdicke eines Lackauftrags
- 20 in Abhängigkeit von der Dosis einer Test-Bestrahlung

Die Vorrichtung zur EUV-Testbestrahlung dient dazu, einen Photolack (Resist) für die Lithographie im Bereich der EUV-Strahlung, d. h. bei einer Wellenlänge von 13,5 nm, mit 20 verschiedenen Strahlungsdosen in einem Arbeitsgang zu untersuchen. Dabei soll der Abtrag des Photolacks nach der Entwicklung und die Schärfe der abgebildeten Strukturen in Abhängigkeit von der Dosis ermittelt werden.

30

Die Vorrichtung zur EUV-Testbestrahlung besteht aus einer EUV-Labor-Lampe (1), die eine Strahlung mit einem Spektrum nach Figur 1 erzeugt. Über ein horizontal ausgerichtetes Strahlrohr (2) mit einer Austrittsöffnung (3) verlässt der ebenfalls horizontal ausgerichtete Strahlengang (4) die EUV-Labor-Lampe (1).

35

An der Austrittsöffnung (3) ist eine Strahlrohrschieber-Einheit (5) angeordnet. Der Strahlrohrschieber weist einen Durchgang auf, in den eine 150 nm dicke Zirkoniumfolie eingesetzt ist, die mittels des Schiebers in den Strahlengang (4) bewegbar ist. Der quer zur Achse des Strahlengangs (4) bewegliche Schieber erlaubt es, die Zirkoniumfolie vollständig aus dem Querschnitt des Strahlrohrs (2) herauszubewegen, so dass die Austrittsöffnung (3) vollständig von dem im Übrigen aus Metall bestehenden Strahlrohrschieber verschlossen ist. An dem Strahlrohr (2) ist darüber hinaus eine Turbomolekularpumpe (6) angeordnet, die in der EUV-Lampe (1) unter Aufrechterhaltung einer Xenon-Atmosphäre ein Vakuum von etwa 10^{-3} mbar erzeugt.

An die Strahlrohrschieber-Einheit (5) schließt sich ein hohlzylindrisches Winkelstück (7) an, das einen Umlenkspiegel (8) aufnimmt. Der Umlenkspiegel (8) ist im Inneren des Winkelstücks im äußeren Bereich der Abwinklung derart angeordnet, dass der horizontal auftreffende Strahlengang (4) um 90° in eine insgesamt mit (9) bezeichnete Waferkammer (9) umlenkt wird. Ein Spiegelrezipient (11) trägt und fixiert den Umlenkspiegel (8). Es wird darauf hingewiesen, dass der im Ausführungsbeispiel dargestellte, konstruktiv günstige Einfallswinkel der EUV-Strahlung von 45° ohne Weiteres variiert werden kann.

An das Winkelstück (7) schließt sich die Waferkammer (9) an, die aus einem hohlzylindrischen Strahlrohr (12) sowie einem Aufnahmeraum (13) für den mit Lack beschichteten Wafer besteht. Der Strahlengang (4) breitet sich von dem Umlenkspiegel (8) ausgehend durch das Strahlrohr (12) in Richtung eines Blendensystems (15) aus. Der Wafer ist mit seiner Lackoberfläche in Richtung des Blendensystems (15) ausgerichtet, so dass die das Blendensystem passierende EUV-Strahlung auf die Lackbeschichtung des Wafers fällt. Der Verschluss der Blendenöffnungen des Blendensystems (15) wird von einem Schrittmotor (14) angetrieben.

Seitlich an dem Aufnahmeraum (13) ist eine weitere Turbomolekularpumpe (17) angeordnet, die während der Belichtung für die Aufrechterhaltung eines Drucks von 10^{-6} mbar in dem Winkelstück (7) sowie der Waferkammer (9) sorgt.

In Ausbreitungsrichtung des Strahlengangs (4) der EUV-Strahlung seitlich im Blendensystem (15) befinden sich drei in Figur 3 erkennbare Photodioden (18), die die Strahlungsenergie der einzelnen Strahlungspulse der EUV-Lampe (1) erfassen, wobei die Strahlungsenergie proportional zu der in den Photodioden (18) erzeugten Ladung ist. Die Photodioden sind mit geringst möglichem Abstand zu den Blendenöffnungen im Blendensystem angeordnet, jedoch derart, dass sie nicht von dem motorisch angetriebenen Verschluss verdeckt werden.

Schließlich weist die Vorrichtung zur EUV-Testbestrahlung einen weiteren Schieber (19) auf, der zwischen dem Winkelstück (7) und dem Strahlrohr (12) der Waferkammer (9) angeordnet ist. Ist der Schieber (19) geschlossen, ist die Waferkammer (9) vollständig gegen die EUV-Lampe (1) und den Innenraum des Winkelstücks (7) abgeschottet.

Figur 3 verdeutlicht den Aufbau des insgesamt mit (15) bezeichneten Blendensystems, das eine Lochmaske (21) mit 5 Reihen mit jeweils 4 Blendenöffnungen (22) aufweist. Die durch jede Blendenöffnung (22) hindurchtretende EUV-Strahlung definiert auf der Lackschicht (16) des Wafers ein abgegrenztes Bestrahlungs-Feld. Der Abstand zwischen Wafer und Blendensystem (15) sowie der Abstand zwischen den Blendenöffnungen (22) ist so ausgelegt, dass sich die Bestrahlungs-Felder nicht überschneiden. Im Ergebnis erzeugt das Blendensystem (15) zwanzig abgegrenzte Bestrahlungs-Felder von etwa 5 mm Durchmesser auf der Oberfläche des mit Photolack beschichteten Wafers.

Ein stirnseitig eine treppenförmige Kontur (23) aufweisender Flachschieber (24) befindet sich seitlich neben der Lochmaske

(21). Der Flachschieber (24) ist an der der Kontur (23) gegenüberliegenden Seite mit dem in Figur 2 dargestellten Schrittmotor (14) verbunden. Durch Bewegen des Flachschiebers (24) in Richtung des Pfeils (25) lassen sich die

5 Blendenöffnungen (22) zeilenweise nacheinander mechanisch verschließen. Dies hat zur Folge, dass die durch die einzelnen Blendenöffnungen (22) definierten Bestrahlungsfelder individuelle Bestrahlungszeiten erhalten.

10 Während der Bestrahlung des beschichteten Wafers ist der Schieber der Strahlrohrschieber-Einheit (5) eingeschoben, so dass der Strahlengang durch den Zirkoniumfilter hindurchgeht. Dabei hat der Filter zwei Funktionen:

- 15 1. Zurückhaltung von Strahlungen mit Wellenlängen größer als 20 nm. Bei Wellenlängen größer als 20 nm ist die Durchlässigkeit des Zirkoniumfilters kleiner als 10 %.
2. Trennung der Xenon-Atmosphäre in der EUV-Lampe (1) von dem durch das Winkelstück (7) und die Waferkammer (9) gebildeten Bereich, in den kein Xenon-Gas gelangen sollte.
- 20 Der Zirkoniumfilter ist ausreichend stabil, um den Druckunterschied zwischen der EUV-Lampe (1) und dem genannten Bereich stand zu halten.

25 Bei dem Umlenkspiegel (8) handelt es sich um einen Vielschichtspiegel mit beispielsweise 40 Lagen eines Silizium-Substrates von etwa 10 nm Periodendicke. Dieser Spiegel reflektiert eine Wellenlänge von $13,5 \pm 0,2$ nm unter einem Winkel von 45° in das Strahlrohr (12) der Waferkammer (9).

30

Nach Abschluss der Bestrahlung des Photolacks auf dem Wafer wird der Schieber (19) zwischen dem Winkelstück (7) und der Waferkammer geschlossen. Dadurch bleibt das Vakuum in der EUV-Lampe (1) und dem Winkelstück (7) erhalten, wenn die Waferkammer (9) belüftet wird, um diese beispielsweise zur Ent-

35 nahme des bestrahlten Wafers zu öffnen. Der Schieber (19) ermöglicht nicht nur kürzere Evakuierungszeiten der Waferkammer

(9) während des Wafer-Handlings, sondern darüber hinaus einen wirksamen Schutz des empfindlichen optischen Systems, das von der Zirkoniumfolie in der Strahlrohrschieber-Einheit (5) und dem Umlenkspiegel (8) in dem Winkelstück gebildet wird.

5

Die im Strahlengang (4) in der Lochmaske (21) angeordneten Photodioden (18) messen die Strahlungsenergie der EUV-Strahlungspulse, in dem sie in den Photodioden eine zu der Strahlungsenergie proportionale Ladung erzeugen. Die durch die einzelnen Pulse erzeugte Ladung wird elektronisch aufaddiert und von einer in der Figur nicht dargestellten Steuerung zyklisch abgefragt. Ergibt die Abfrage, dass eine bestimmte Strahlungsdosis (Sollwert) erreicht ist, wird ein Steuerbefehl für den Schrittmotor (14) ausgelöst, der den Flachschieber (24) in Richtung des Pfeils (25) bewegt, um zeilenweise die nächste Blendenöffnung (22) zu verschließen. Die Sollwerte, die abhängig von einer vom Benutzer vorgegebenen Zieldosis (Definition: Eine von dem Benutzer des Testsystem für den zu untersuchenden Lack als optimal angenommene Dosis) erreicht werden müssen, bis die nächste Blendenöffnung (22) verschlossen wird, bilden die Stützpunkte einer Bestrahlungsfunktion. Die einzelnen Sollwerte errechnen sich nach der folgenden Formel:

25

Wenn $s \neq 10$ dann :

$$s(F, Exp, Tar, Var) = Tar \left(1 + VB \frac{|RF|}{RF} \left(\frac{|RF|}{10} \right)^{Exp} \right)$$

$$\text{mit } VB = \frac{Var}{100} \quad \text{und} \quad RF = F - 10$$

sonst :

$$s(F, Exp, Tar, Var) = Tar$$

30

Dabei gilt:

- s** Der Funktionswert s ist der Sollwert, der erreicht werden muß, bevor die nächste Blendenöffnung verschlossen wird.
- F** Der Parameter F steht für das aktuell verschlossene Feld und liegt im Wertebereich von 1 bis 20.

35

Exp Der Parameter Exp ist der vom Benutzer eingestellte Exponent und hat die Werte von 1 bis 5.

Tar Der Parameter Tar ist die vom Benutzer eingestellte Zieldosis.

5 **Var** Der Parameter Var ist die vom Benutzer eingestellte Variationsbreite in Prozent im Bereich von 1 bis 100.

Für $Tar:=1.0$ und $Var:=50$ ergeben sich die in Abb. 4 gezeigten Kennlinien in Abhängigkeit des Exponenten $Exp:=1$ bis 5 für
10 die Sollwerte s . Es wird deutlich, dass sich mit der Erhöhung des Exponenten Exp die Stützpunktdichte um die Zieldosis Tar erhöht.

Die Bestrahlung mit EUV-Strahlung ruft auf dem Wafer einen
15 Abtrag des Lackfilms nach der Entwicklung hervor. Der Zusammenhang zwischen Dosis und Abtrag nach der Entwicklung ist in der Kurve nach Abb. 5 am Beispiel eines konkreten Lacks dargestellt. Ab einer bestimmten Dosis fällt der Wert für die verbleibende Dicke des Lackfilms steil ab. An der x-Achse
20 kann man die für die Bestrahlung dieses Lacks erforderliche Minstdosis (im Ausführungsbeispiel etwa 6 mJ/cm^2) ablesen. Auf diese Weise lässt sich die EUV-Strahlungsempfindlichkeit eines Photolacks für Wafer in einem Arbeitsgang ermitteln.

Bezugszeichenliste:

EUV-Lampe	1
Strahlrohr	2
Austrittsöffnung	3
Strahlengang	4
Strahlrohrschieber-Einheit	5
Turbomolekularpumpe	6
Winkelstück	7
Umlenkspiegel	8
Waferkammer	9
--	10
Spiegelrezipient	11
Strahlrohr	12
Aufnahmeraum	13
Schrittmotor	14
Blendensystem	15
Wafer mit Lackschicht	16
Turbomolekularpumpe	17
Photodioden	18
Schieber	19
--	20
Lockmaske	21
Blendenöffnungen	22
treppenförmige Kontur	23
Flachschieber	24
Pfeil	25

Patentansprüche:

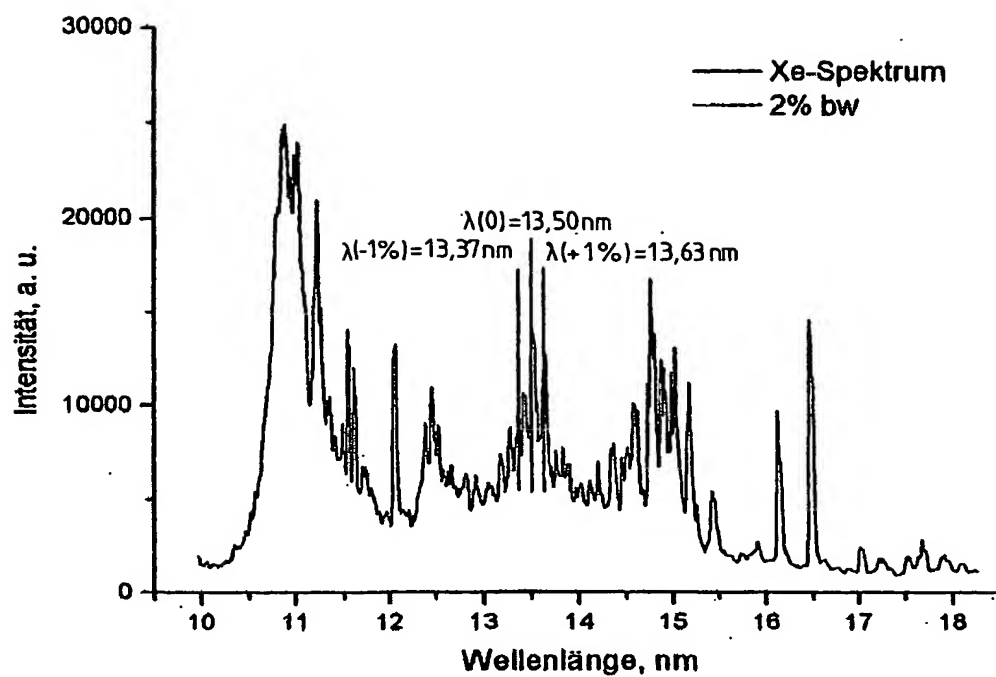
1. Vorrichtung zur Testbestrahlung von mit photoempfindlichen Lacken beschichteten Objekten mit einer EUV-Strahlungsquelle, einem optischen System zur Filterung der Strahlung der EUV-Strahlungsquelle, einer Kammer zur Aufnahme des Objektes sowie Mitteln zum Unterbrechen des Strahlengangs auf das Objekt, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - die EUV-Strahlungsquelle eine Laborquelle (1) für EUV-Strahlung ist,
 - das optische System mindestens einen Filter zur Unterdrückung unerwünschter spektraler Bestandteile der Strahlung sowie mindestens einen Spiegel (8) zur spektralen Filterung des "in-band"- EUV-Bereiches aufweist,
 - die Mittel zum Unterbrechen des Strahlengangs mehrere verschließbare Blendenöffnungen (22) umfassen, die eine zeitliche Steuerung der Bestrahlung hinter den Blendenöffnungen befindlicher, auf dem Objekt liegender Bestrahlungsfelder ermöglichen und
 - das mindestens ein Monitor-Detektor (18) in Richtung des Strahlengangs (4) hinter dem optischen System angeordnet ist, der die Strahlungsdosis während der Bestrahlung erfasst.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass sämtliche Blendenöffnungen (22) in einer Ebene (21) angeordnet sind und die durch jede Blendenöffnung (22) auf dem Objekt (16) erzeugten Bestrahlungsfelder sich nicht überlappen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objekt (16) ein mit Photolack beschichteter Wafer ist und die Kammer zur Aufnahme des Objektes (9) eine Halterung für den Wafer besitzt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlung der Laborquelle (1) von einem thermisch emittierenden Plasma stammt.
- 5 5. Vorrichtung und Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Filter zur Unterdrückung von unerwünschter sichtbarer bis VUV-Strahlung eine dünne Metallfolie, insbesondere eine Zirkoniumfolie mit einer Dicke von weniger als 200 nm im Strahlengang (4)
10 angeordnet ist.
6. Vorrichtung und Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Spiegel (8) zur spektralen Filterung des "in-band"-EUV-Bereiches
15 als Vielschichtspiegel ausgestaltet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich jeder Monitordetektor (18) in einem Abstand vom dem zu bestrahlenden Objekt (16) befindet,
20 der kleiner ist als die Hälfte des Abstandes zwischen der Laborquelle (1) und dem zu bestrahlenden Objekt.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Blendenöffnung (22) ein separater
25 Verschlussmechanismus zugeordnet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2-7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendenöffnungen (22) mit mindestens einem Flachschieber (24) verschließbar sind.
30
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Flachschieber (24) in einer zur Ebene der Blendenöffnungen (22) parallelen Ebene verschieblich
35 angeordnet ist und eine Kontur (23) aufweist, die ein aufeinanderfolgendes Öffnen bzw. Verschließen der Blendenöffnungen (22) ermöglicht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Flachschieber (23) eine treppenförmige Kontur
(23) aufweist, die ein zeilenweises Öffnen bzw. Ver-
schließen der in Reihen angeordneten Blendenöffnungen
5 (22) ermöglicht.
12. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung nach einem der
Ansprüche 1-11, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede
Blendenöffnung (22) zu dem Zeitpunkt verschlossen wird,
10 wenn mit dem oder den Monitordetektor/en (18)
festgestellt wird, dass die Bestrahlungsdosis in dem der
Blendenöffnung (22) zugeordneten Bestrahlungsfeld einem
Sollwert entspricht.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass
15 die Signale jedes Monitordetektors (18) in einer Steue-
rung aufaddiert und mit den dort hinterlegten Sollwerten
für jede Blendenöffnung (22) verglichen werden und die
Steuerung bei Erreichen des Sollwertes für ein Bestrah-
20 lungsfeld einen dem Verschluss (24) der jeweiligen
Blendenöffnung zugeordneten Antrieb (14) ansteuert.
14. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass
25 die Sollwerte von der Steuerung automatisiert generiert
werden.
15. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass
30 die Sollwerte in die Steuerung von einer Bedienperson
eingegeben werden.
16. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die Sollwerte von der Steuerung aufgrund einer Eingabe
von Parametern durch eine Bedienperson generiert werden.
17. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass
35 die Anzahl der von der Bedienperson einzugebenden Parame-
ter kleiner oder gleich der Anzahl der Bestrahlungsfelder

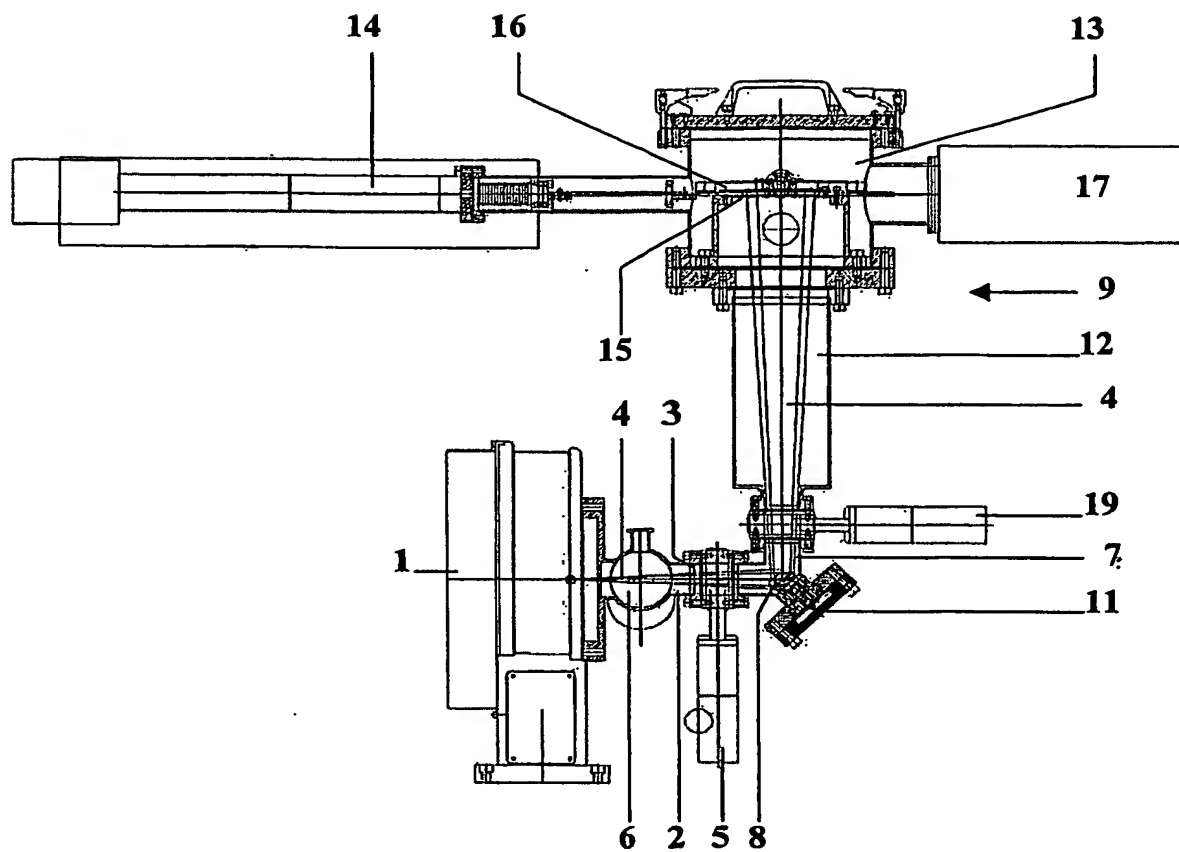
ist und zumindest ein Parameter zur Charakterisierung einer typischen Dosis für den zu testenden Photolack, ein Parameter zur Bestimmung der Variationsbreite in Prozent und ein Parameter zur Bestimmung des Dosisverlaufs
5 eingegeben werden, wobei die Variationsbreite den Bereich zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert bezogen auf die typische Dosis und der Dosisverlauf die Änderung der Dosis zwischen zwei nacheinander verschlossenen
10 Bestrahlungsfeldern definiert.

1/5



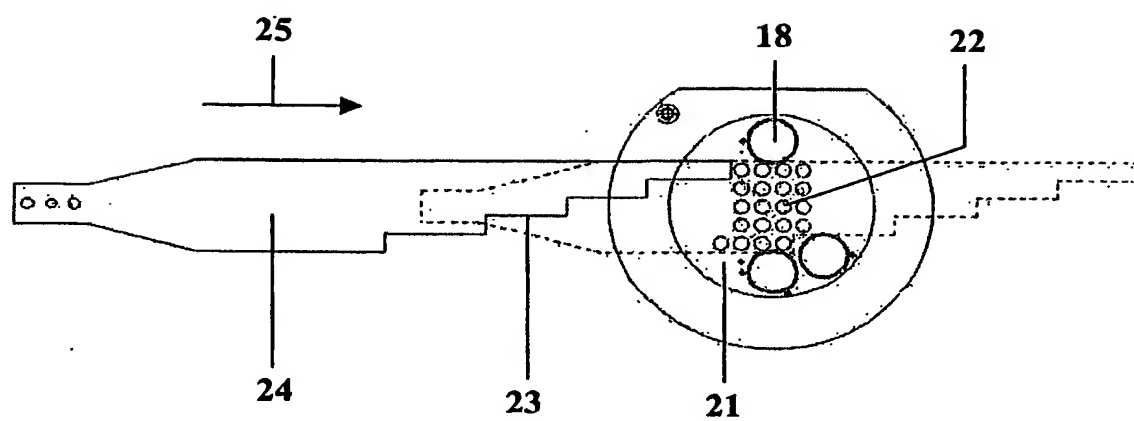
Figur 1

2/5



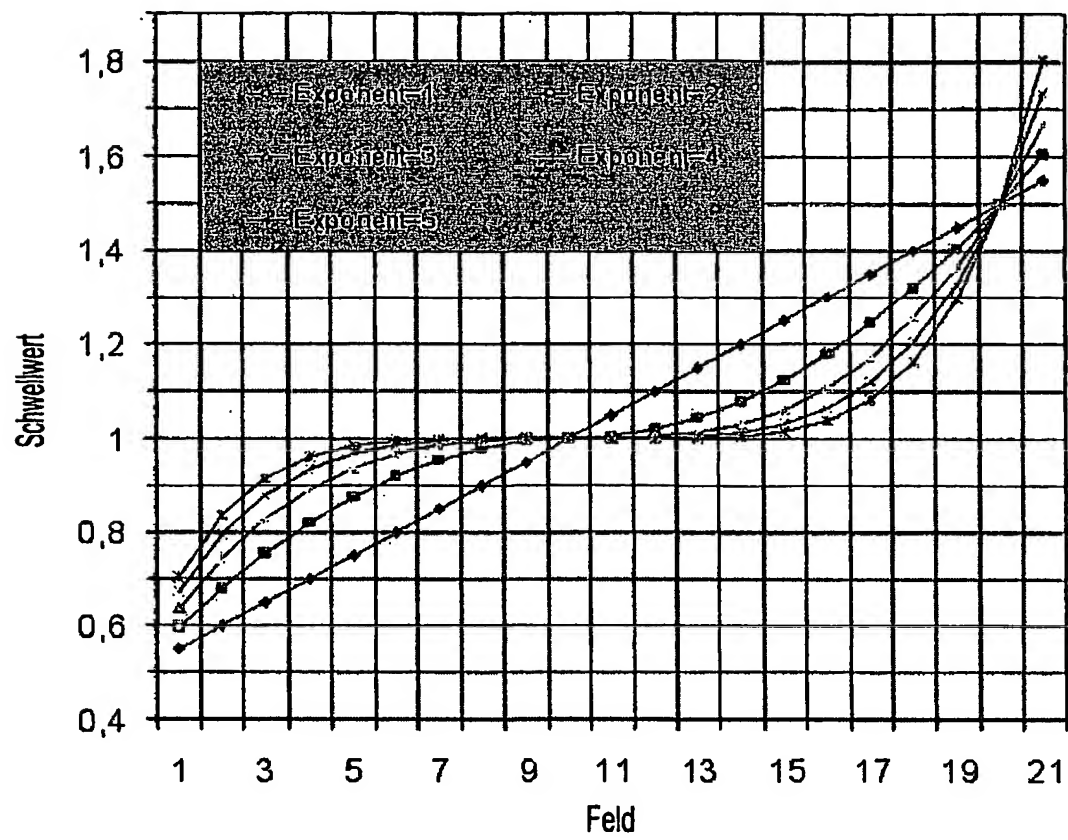
Figur 2

3/5



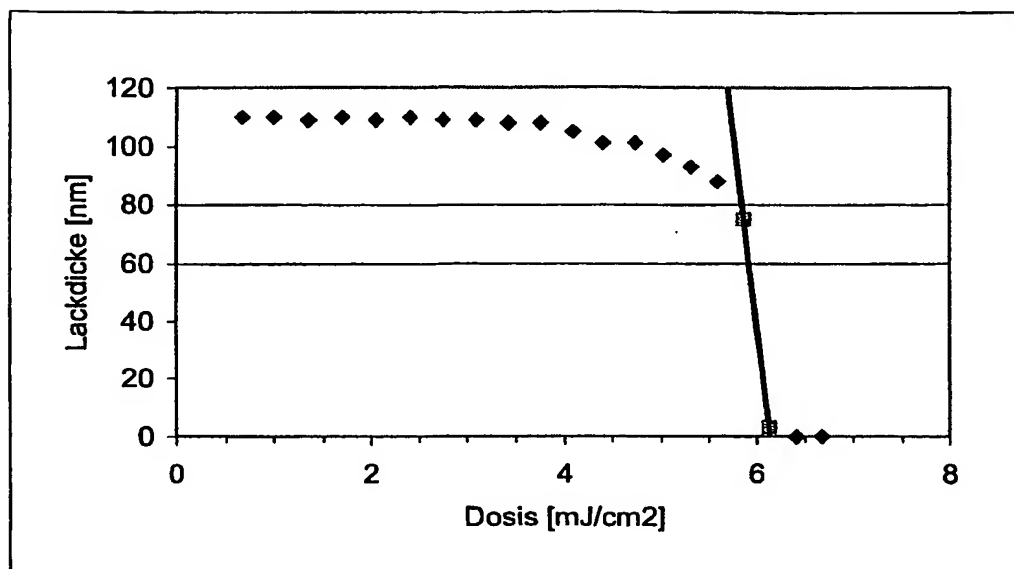
Figur 3

4/5



Figur 4

5/5

**Figur 5**